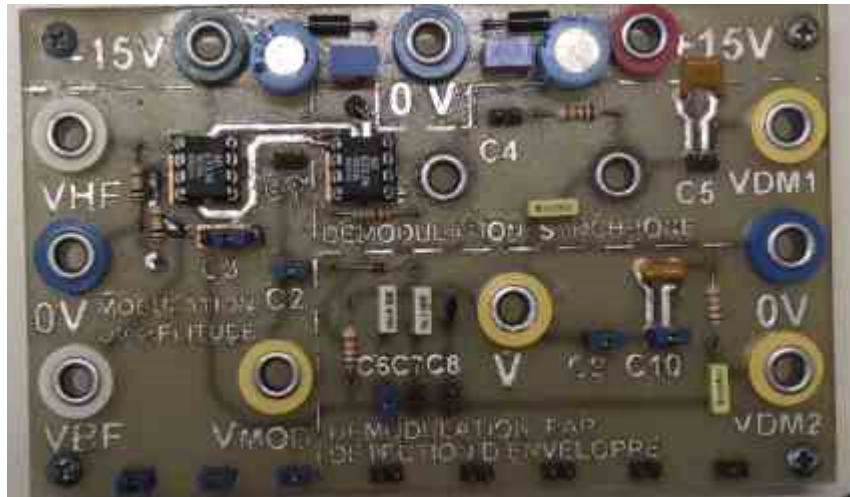


## COMPTE RENDUE TP2 MODULATION D'AMPLITUDE ET DEMODULATION

### 1-Introduction



Si 2 systèmes électroniques distants doivent communiquer alors il existe plusieurs possibilités de transmission à travers des canaux.

Chaque canal de transmission à sa bande passante :

- Paires torsadées : DC à 1 MHz,
- Câble coaxial (Ethernet) : DC à 1 GHz,
- Guides d'onde : 1 GHz à 300 GHz,
- Fibre optique : 30 THz à 1000 THz,
- Espace libre (ondes hertziennes) : 150 à 290 kHz (ondes longues), 522 à 1602 kHz (ondes moyennes), 3 à 30 MHz (ondes courtes), 87,5 à 108 MHz (FM), 1 GHz à 40 GHz (transmission numérique point à point)

Les ondes longues, moyennes et courtes sont transmises en AM (Amplitude Modulation).

La modulation d'amplitude consiste à appliquer à une onde entretenue pure (porteuse sinusoïdale) une variation de son amplitude en fonction du signal utile  $m(t)$ .

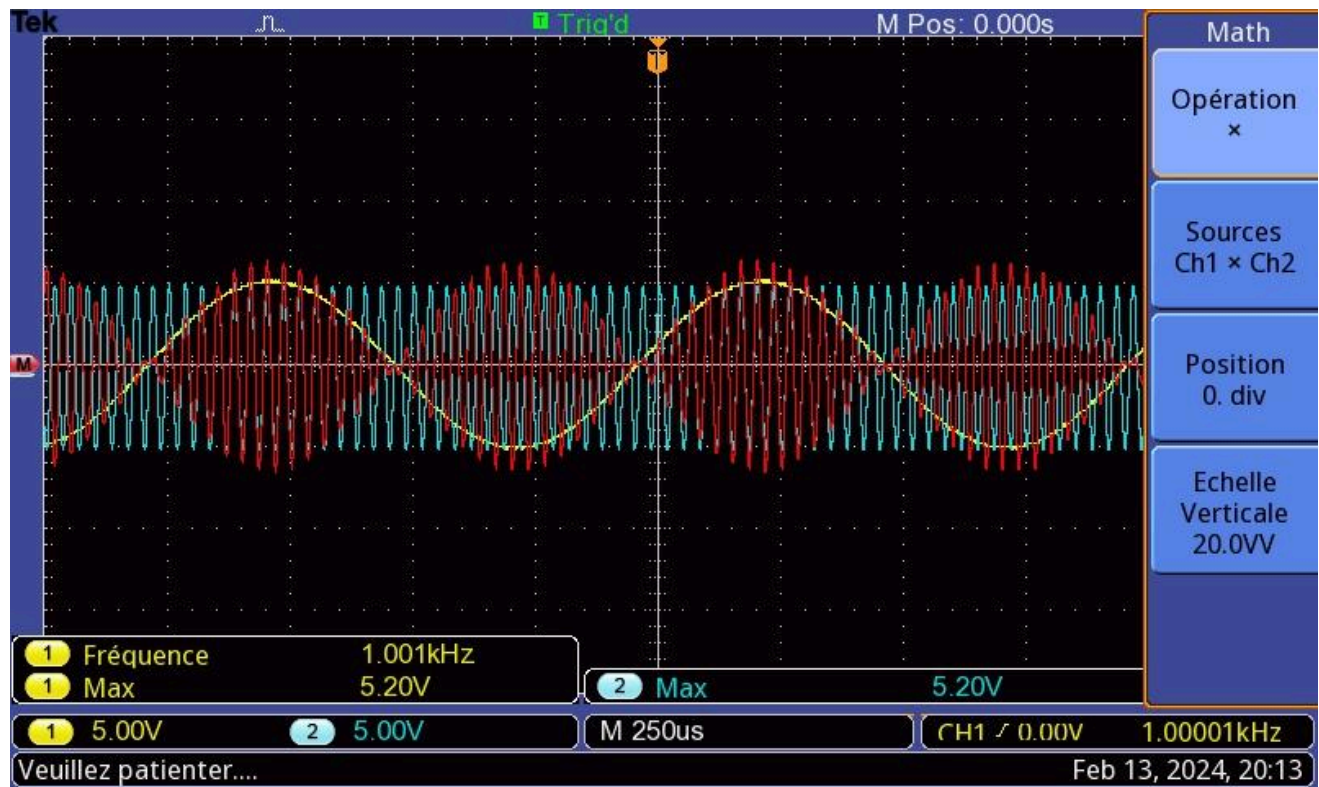


Régler le GBF pour obtenir sur la voie 1 de l'oscilloscope un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et d'amplitude 5V (10V crête à crête), puis sur la voie 2 de l'oscilloscope un signal sinusoïdal de fréquence 30kHz et d'amplitude 5V (10V crête à crête).



Effectuer ensuite sur l'oscilloscope une opération mathématique de multiplication. Sauvegarder la courbe résultat sur clé USB.

Relever les courbes.



## 2-Modulation à bande latérale double

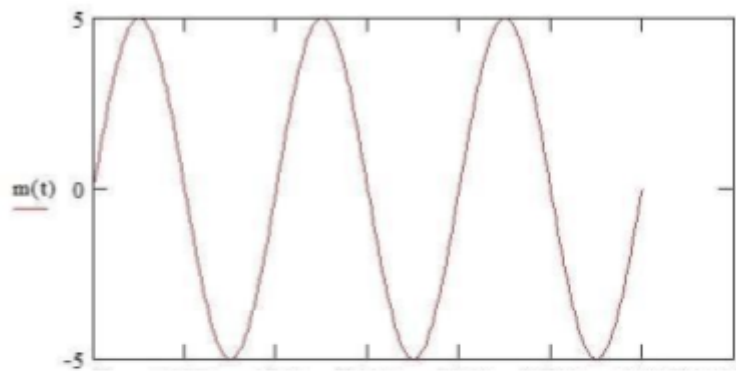
Soit :  $\omega_p = 2\pi f_p$  ( $f_p$  : fréquence de la porteuse)

On peut écrire :  $x_{BLD}(t) = m(t) \cdot \cos(\omega_p t)$  Avec  $m(t)$  le signal utile.

## Exemple simple

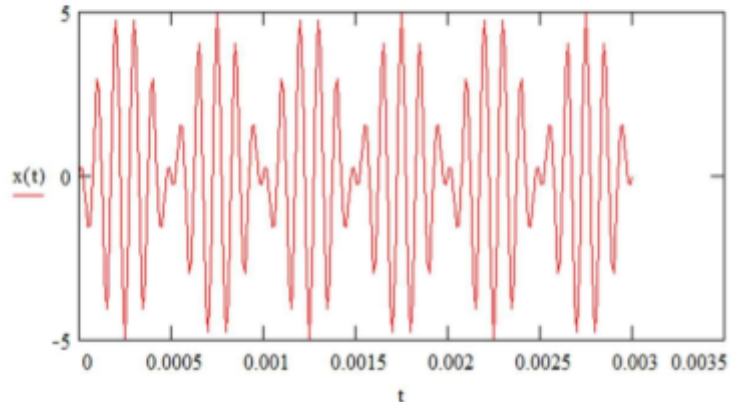
Soit :  $m(t) = 5.\sin(2\pi ft)$

Si on prend  $f=1\text{kHz}$ , on a la courbe suivante pour  $m(t)$  :



Il faut :  $f_p \gg f$

Si on prend  $f_p=10\text{kHz}$ , on a la courbe suivante pour  $x_{\text{BLD}}(t)$  :



## Obtention d'un signal BLD

On a :  $x_{\text{BLD}}(t) = m(t).\cos(\omega_p t)$

Pour obtenir un signal BLD, il faut donc mettre en œuvre un multiplieur analogique. Il existe pour cela des circuits intégrés comme le AD633JN.

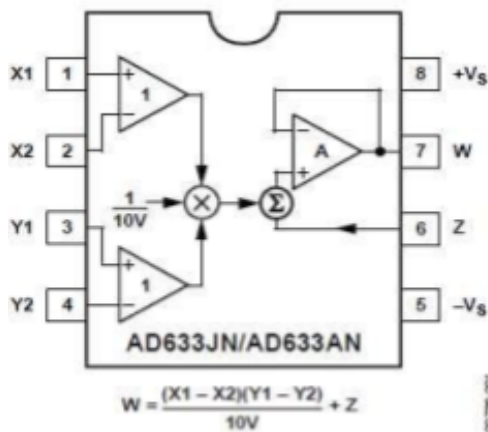



Table 4. 8-Lead PDIP Pin Function Descriptions

Pin No.	Mnemonic	Description
1	X1	X Multiplicand Noninverting Input
2	X2	X Multiplicand Inverting Input
3	Y1	Y Multiplicand Noninverting Input
4	Y2	Y Multiplicand Inverting Input
5	-Vs	Negative Supply Rail
6	Z	Summing Input
7	W	Product Output
8	+Vs	Positive Supply Rail



**Comment doit-on câbler le C.I. afin d'obtenir le signal  $x_{\text{BLD}}(t)$  ?**

On doit brancher X1 pour le modulant et X2 pour la porteuse et on a le modulé sur W

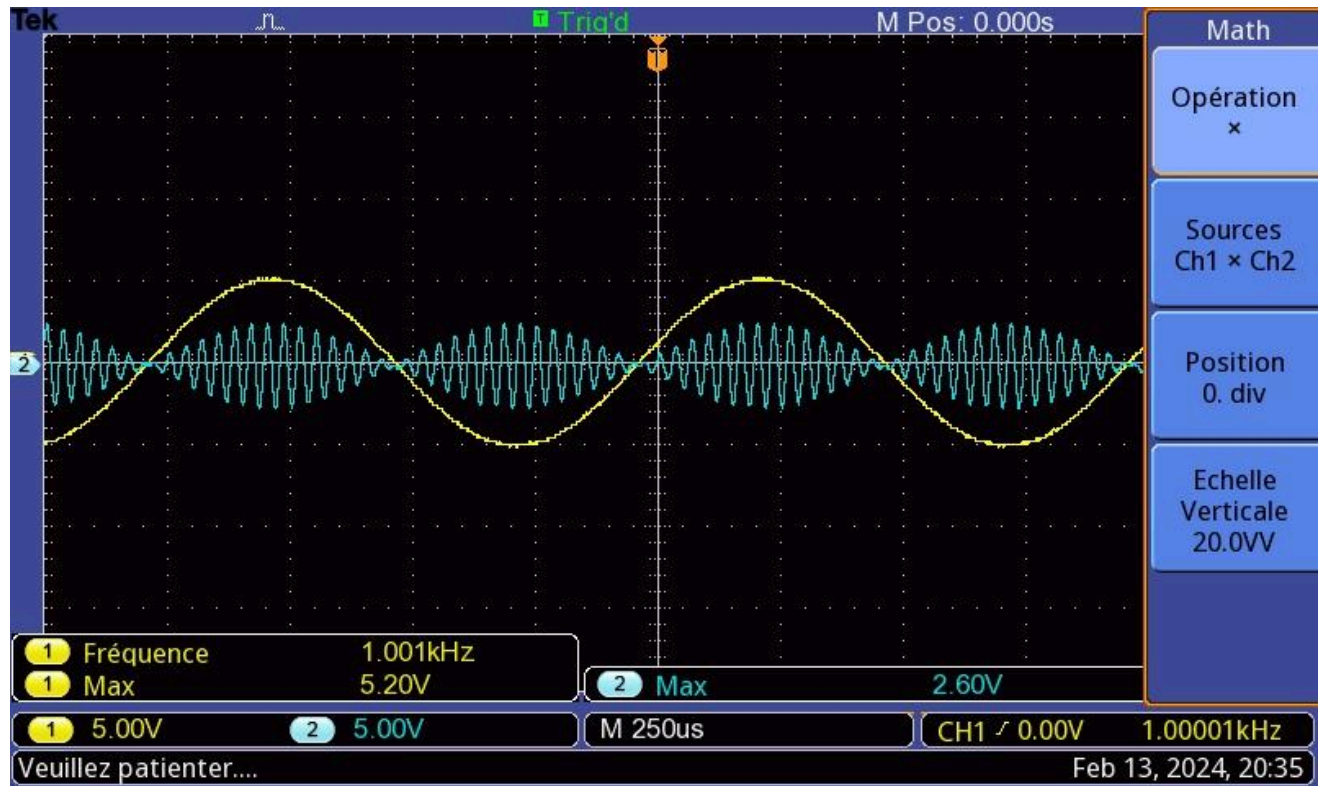
 Alimenter la maquette en -15V, 0V et +15V en limitant le courant à 50 mA.

Injecter un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et d'amplitude 5V dans l'entrée VBF (tension basse fréquence) représentant l'information à envoyer, puis injecter un signal sinusoïdal de fréquence 30kHz et d'amplitude 5V dans l'entrée VHF (tension haute fréquence) représentant la porteuse.

Visualiser le signal VBF sur la voie 1 et le signal VMOD sur la voie 2.



Relever les courbes et expliquer la valeur de l'amplitude de VMOD.



On a en bleu notre ancienne courbe math qu'on avait avant qui a un max de 2.56V car on fait  $\frac{5 \times 5}{10} = 2.50V$ .

### Démodulation d'un signal BLD

Lorsqu'on reçoit un signal modulé, il faut en extraire le signal utile. Cette opération s'appelle démodulation ou détection.

Le message  $m(t)$  peut être extrait du signal modulé  $x_{BLD}(t)$  en le multipliant par une porteuse locale et en utilisant un filtre passe-bas.



La difficulté principale de cette méthode de démodulation est de disposer localement d'un signal de même fréquence que celle de la porteuse qui a servi à élaborer le signal modulé et qui soit rigoureusement en phase avec cette porteuse.

Ce type de démodulation utilise ce qu'on appelle un démodulateur synchrone pour effectuer une détection cohérente.

On a donc :  $y_{BLD}(t) = x_{BLD}(t) \cdot \cos(\omega_p t)$  (signal multiplié)

Soit :  $y_{BLD}(t) = m(t) \cdot \cos^2(\omega_p t)$



**Développer  $y_{BLD}(t)$  et montrer que :**  $y(t) = \frac{m(t)}{2} (1 + \cos 2\omega_p t)$

$$y(t) = m(t) \times \frac{1 + \cos(2\omega_p t)}{2} = \frac{m(t)}{2} (1 + \cos 2\omega_p t)$$

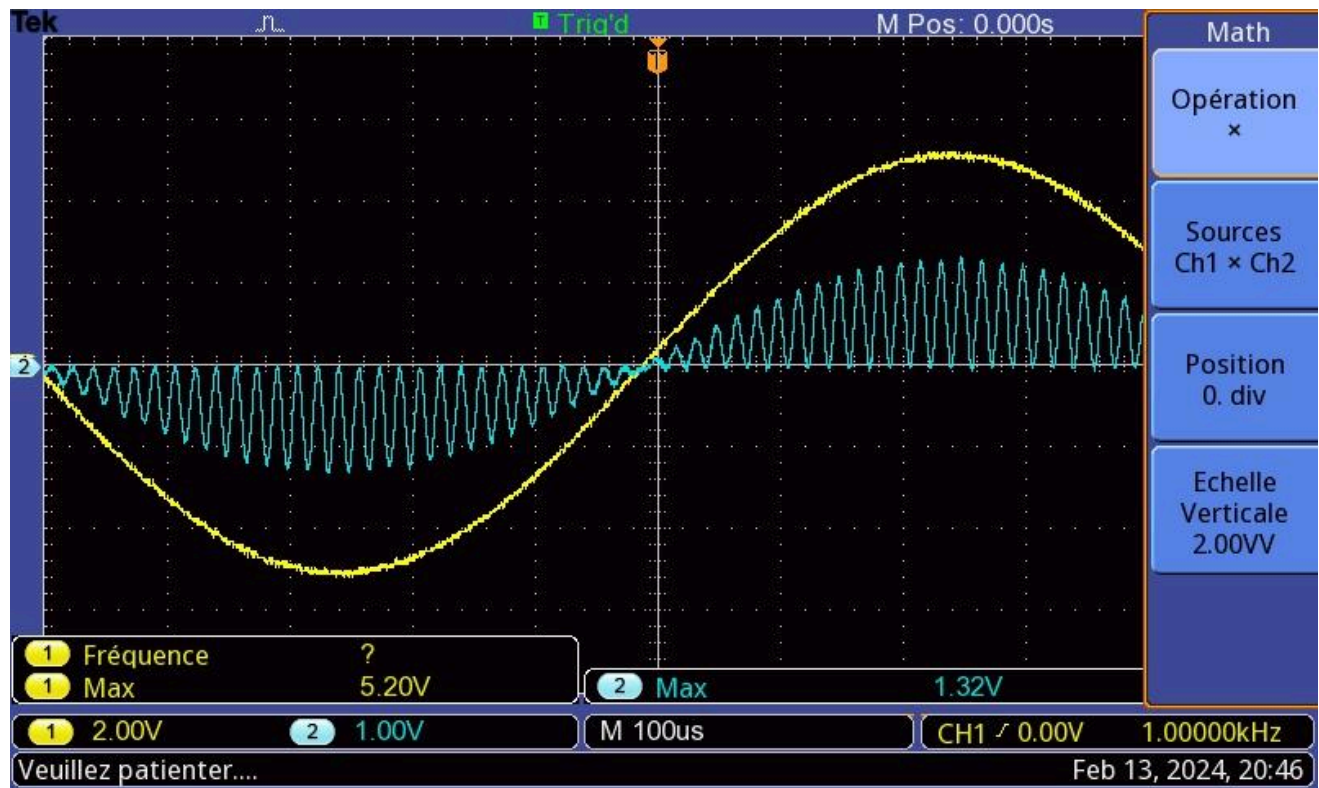


**Connecter le module DÉMODULATION SYNCHRONE sur la maquette à l'aide du jumper JC1.**

**Visualiser le signal VBF sur la voie 1 et le signal au niveau du jumper JC4 sur la voie 2.**



**Relever les courbes et expliquer la valeur de l'amplitude du signal au niveau du jumper JC4.**



Le jumper JC4 nous connecte à un filtre passe bas donc il y a une atténuation pour la courbe bleu !



Déterminer la fréquence de coupure du filtre passe-bas sur la maquette.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi 15000 \times 1 \times 10^{-9}} = 10610 \text{ Hz}$$



Connecter le filtre passe-bas à l'aide du jumper JC4.

Visualiser le signal VBF sur la voie 1 et le signal en sortie du filtre passe-bas sur la voie 2.

Relever les courbes et expliquer la valeur de l'amplitude du signal en sortie du filtre passe-bas.



La valeur de l'amplitude est de 1V car elle est atténuée du au filtre.

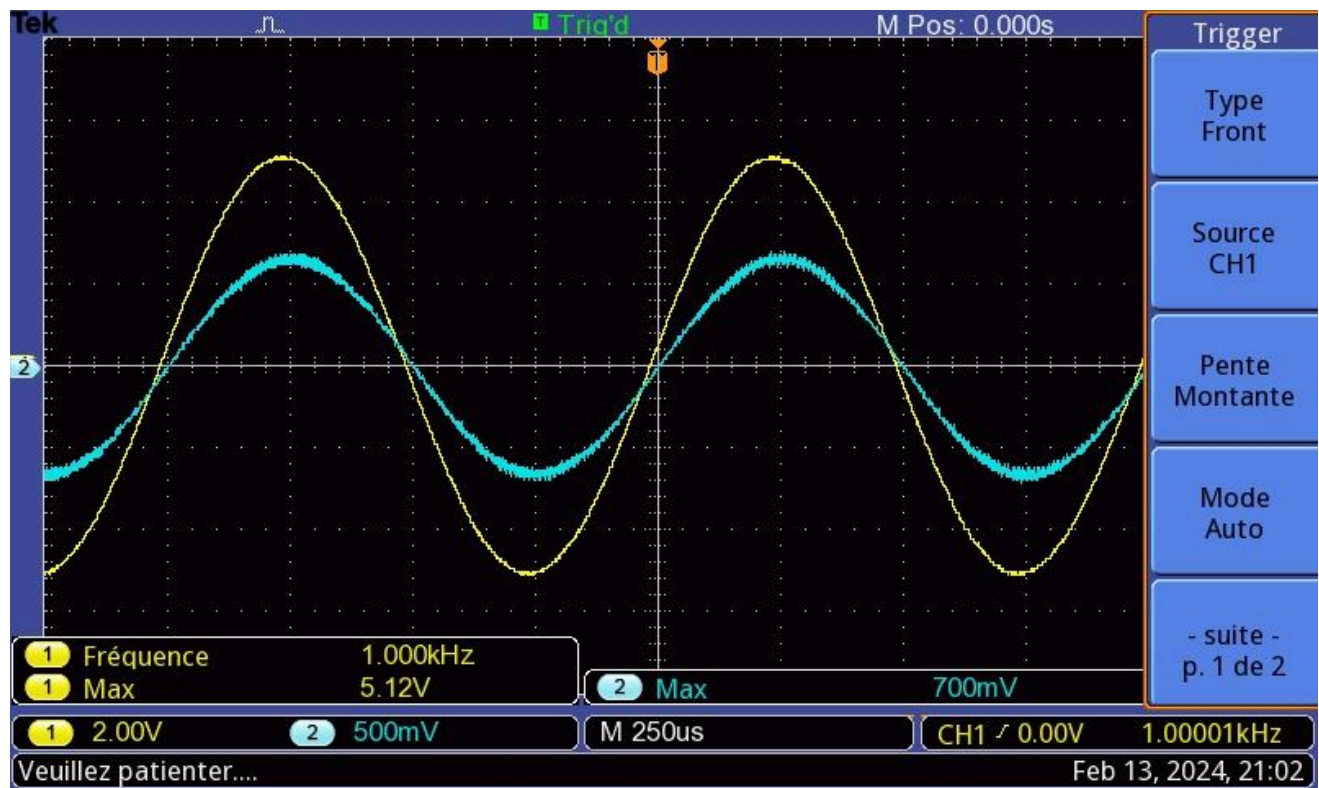



Injecter un signal sinusoïdal de fréquence 100kHz et d'amplitude 5V dans l'entrée VHF (tension haute fréquence).

Visualiser le signal VBF sur la voie 1 et le signal en sortie du filtre passe-bas sur la voie 2.



Relever les courbes.

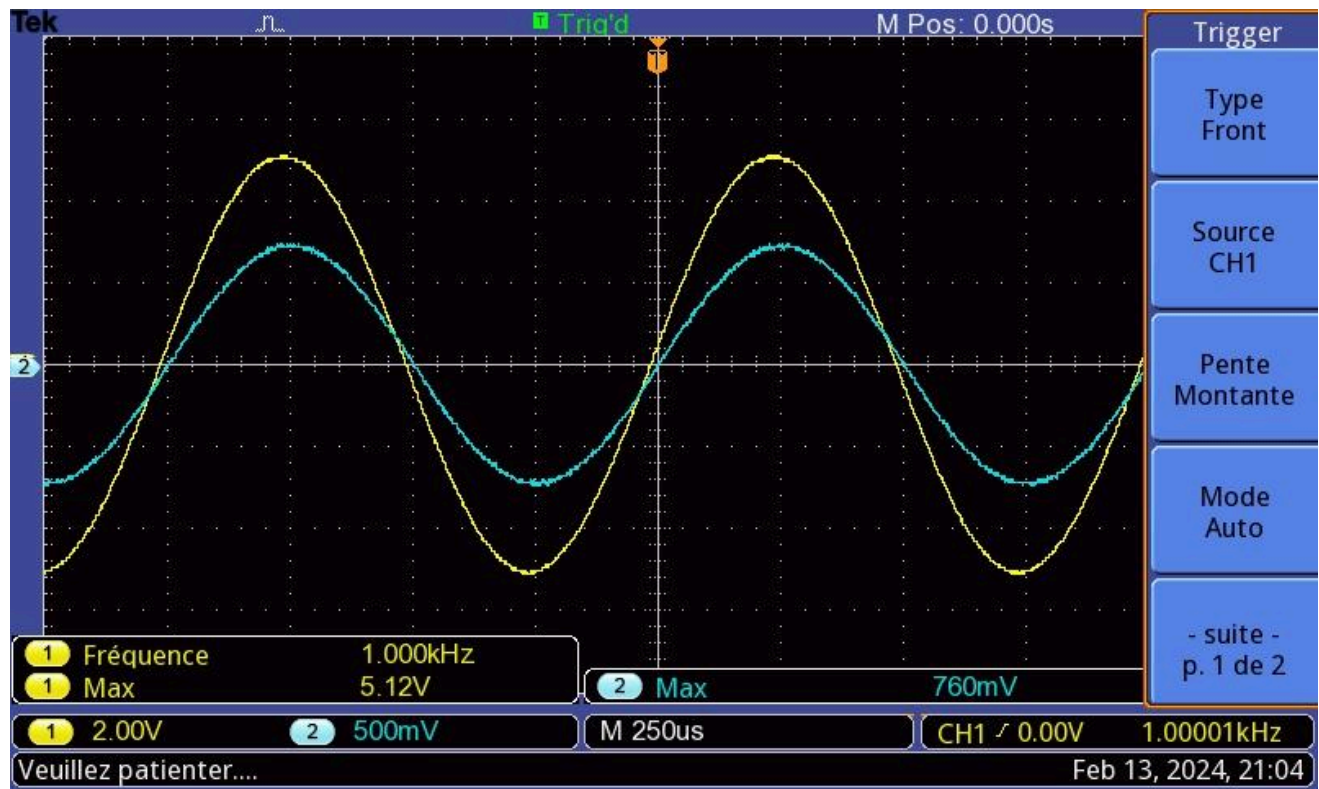


 Injecter un signal sinusoïdal de fréquence 500kHz et d'amplitude 5V dans l'entrée VHF (tension haute fréquence).

Visualiser le signal VBF sur la voie 1 et le signal en sortie du filtre passe-bas sur la voie 2.



Relever les courbes.



A quoi sert la capacité de 1 $\mu$ F en sortie du filtre passe-bas ?

La capacité de 1 $\mu$ F en sortie du filtre passe-bas sert à lisser le signal démodulé



**Conclusion sur le montage.**

**Il fonctionne très bien ! On voit bien la modulation et la modulation !**

3-Modulation d'amplitude ordinaire (modulation AM)

Le procédé de modulation d'amplitude le plus courant, largement utilisé en radiodiffusion, consiste à laisser une porteuse d'amplitude significative dans un signal à double bande latérale. Ce procédé est bien connu sous le nom d'AM.

On a :  $x_{AM}(t) = x_{BLD}(t) + A \cdot \cos(\omega_p t)$



$$x_{AM}(t) = m_{bf}(t) \cdot \cos(\omega_p t) + A \cdot \cos(\omega_p t)$$

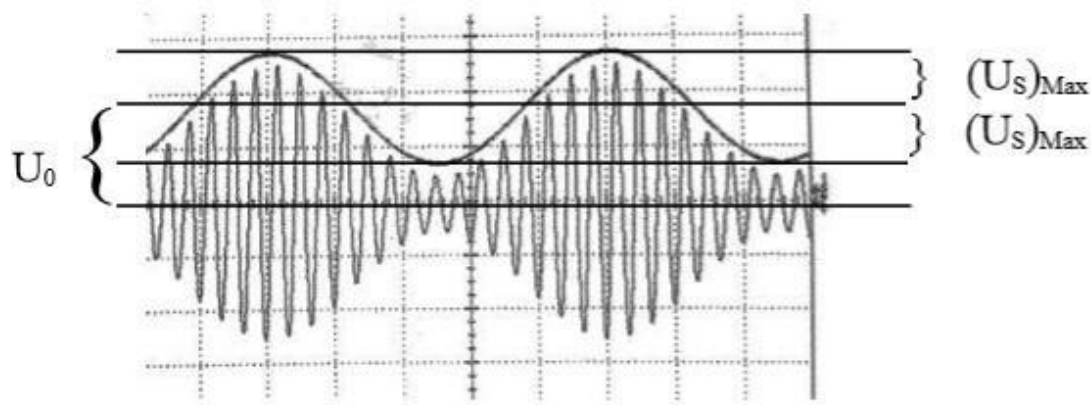


$$x_{AM}(t) = [A + m_{bf}(t)] \cdot \cos(\omega_p t)$$

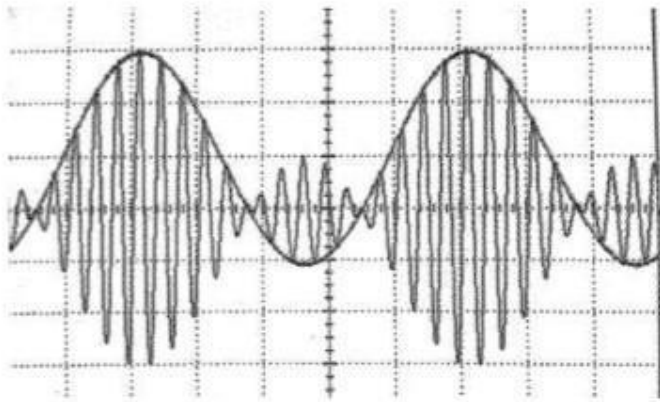
Il faut que :  $A + m_{bf}(t) > 0$  pour obtenir une modulation de bonne qualité.



- Modulation de bonne qualité



- Modulation de mauvaise qualité due à une surmodulation



Il faut que :  $U_0 > U_{smax}$

On définit :  $m = U_{smax}/U_0$  (taux de modulation) Il faut donc que :  $m < 1$ .

 **Quel doit être la position de JC3 pour faire de la modulation AM avec porteuse ? (justifier)**

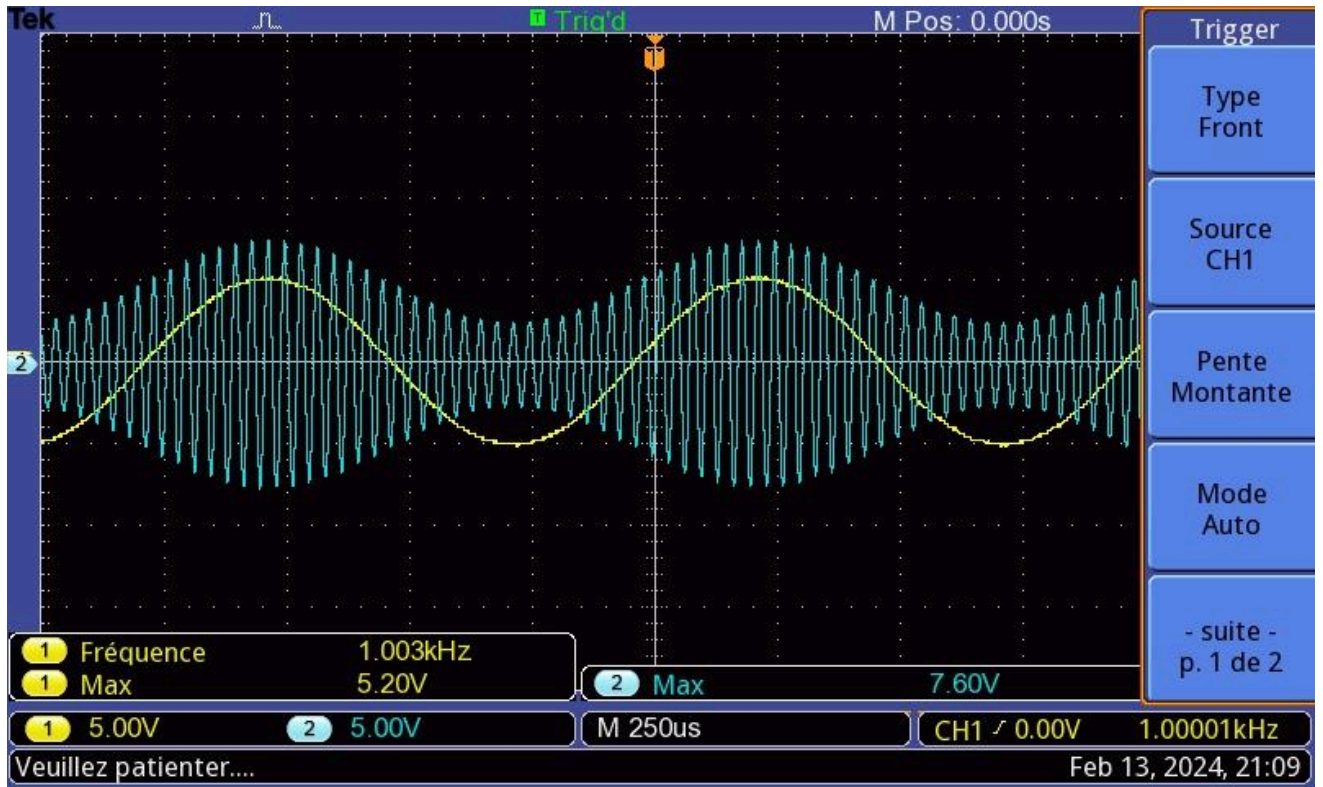
Position à droite pour avoir +M



**Injecter un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et d'amplitude 5V dans l'entrée VBF puis injecter un signal sinusoïdal de fréquence 30kHz et d'amplitude 5V dans l'entrée VHF.**



**Visualiser le signal VBF sur la voie 1 et le signal VMOD sur la voie 2. Relever les courbes et expliquer la valeur de l'amplitude de VMOD.**



Nous remarquons que l'amplitudes VMOD en bleu possède l'enveloppe supérieure et inférieure.



**Déterminer le taux de modulation.**

$$1+m=7.5V$$

$$1-m=2.5V$$

$$7.5(1-m) = 2.5(1+m)$$

$$7.5-7.5m=2.5+2.5m$$

$$7.5m+2.5m=7.5-2.5$$

$$10m=5$$

$$m=5/10=0.5$$

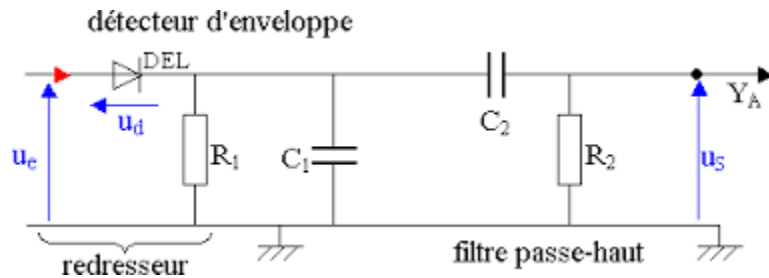
le taux de modulation est de 50%

### Démodulation d'un signal AM

La démodulation d'un signal AM s'effectue à l'aide d'un détecteur d'enveloppe. La forme la plus simple d'un détecteur d'enveloppe est constituée d'une diode en série avec un circuit RC en parallèle.



**Expliquer le fonctionnement du détecteur d'enveloppe en utilisant des schémas.**



Une diode est un dipôle qui laisse passer le courant dans le sens de la flèche ( $u_d = 0$  V) et bloque le passage du courant dans le sens inverse.

L'association d'une diode et d'un dipôle RC parallèle constitue un détecteur d'enveloppe. C'est un quadripôle

Observations : La tension  $u_s$  obtenue est l'enveloppe de la tension modulée en amplitude.

On utilise un filtre passe-haut car le condensateur  $C_2$  élimine la composante continue de la tension.

La constante de temps du détecteur d'enveloppe est  $R.C$ .



**En utilisant le code des couleurs, quelle est la valeur de la résistance du détecteur d'enveloppe ?**

La couleur marron représente le premier chiffre, donc 1.

La couleur vert représente le deuxième chiffre, donc 5.

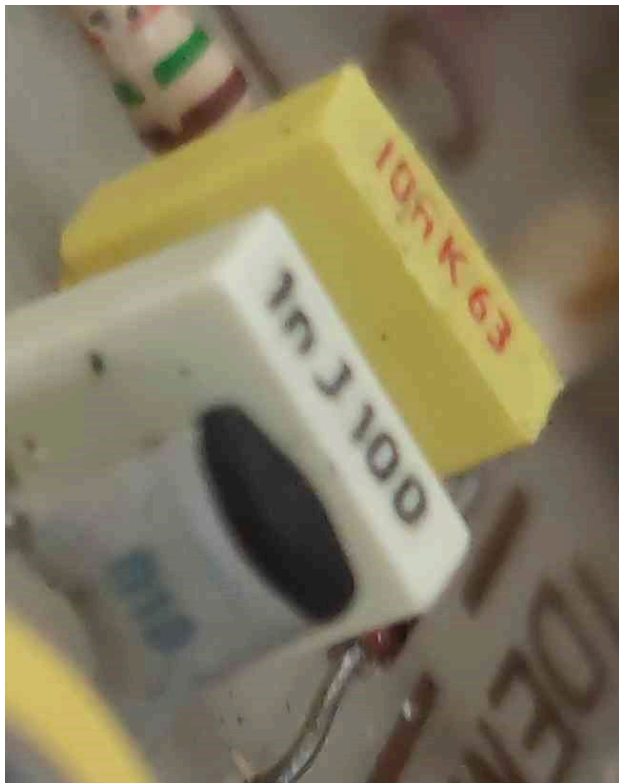
La couleur orange représente le multiplicateur de  $10^3$ , donc  $10^3$  (ou 1000).

La couleur violet représente la tolérance, mais dans ce cas, nous ne l'utiliserons pas pour déterminer la valeur de la résistance.

Ainsi, en combinant ces chiffres, nous obtenons  $15 \times 1000$ , ce qui donne 15 000 ohms, ou 15 kilo-ohms ( $15 \text{ k}\Omega$ ).



**Déterminer les 3 condensateurs du détecteur d'enveloppe.**



JC8= 0.1 nF

JC7= 1pF

JC6= 10nF



**Calculer les 3 constantes de temps en prenant les 3 condensateurs de la maquette.**

JC8=0,1nF  $T=1,5 \cdot 10^{-6}$ s

JC7=1pF  $T=1,5 \cdot 10^{-8}$ s

JC6=10nF  $T=1,5 \cdot 10^{-4}$ s

Les conditions d'une bonne restitution du signal BF sont données par :

$$T_{BF} > R.C \gg T_{HF}$$

$$0.001s > 0.00015 > 0.0000333333$$

Donc jc6 est le bon !



**En prenant la règle du dixième, déterminer les 2 relations qui permettent d'obtenir une bonne restitution du signal BF.**



La règle du dixième, souvent utilisée en électronique audio, suggère que la largeur de bande d'un système audio doit être au moins dix fois plus grande que la fréquence maximale du signal audio que le système doit traiter. Cela garantit une bonne restitution du signal de basse fréquence (BF). En d'autres termes, si la fréquence maximale du signal audio est  $f_{max}$ , alors la largeur de bande du système doit être d'au moins  $10 * f_{max}$ .

$$BF = 1\ 000\text{Hz} \quad HF = 30\ 000\text{Hz}$$



**Faire une application numérique avec :**

$$f_{BF} = 1\ \text{kHz} \text{ et } f_{HF} = 30\text{kHz} ; f_{BF} = 1\ \text{kHz} \text{ et } f_{HF} = 300\text{kHz},$$

$$BF = 1\ 000\text{Hz} \quad HF = 30\ 000\text{Hz} : 10 * BF = 10 * 1000\text{Hz} = 10000\text{Hz} \text{ donc } 0.0001\text{s}$$

$$BF = 1\ 000\text{Hz} \quad HF = 30\ 000\text{Hz} : 10 * BF = 10 * 1000\text{Hz} = 10000\text{Hz} \text{ donc } 0.0001\text{s}$$

Les composants R4 et C7 constituent un filtre.



**De quel type de filtre s'agit-il ? (justifier)**

Entre les composants R4 et C7 il n'y a pas de filtre cependant entre les composants R6 et C7 il y a un passe-haut. On peut remarquer que cela correspond à notre passe-haut de notre détecteur d'enveloppe.



**Déterminer la fréquence de coupure.**

$$F_c = \frac{1}{2\pi \times 15000 \times 1 \times 10^{-9}} = 10\ 610\ \text{Hz}$$



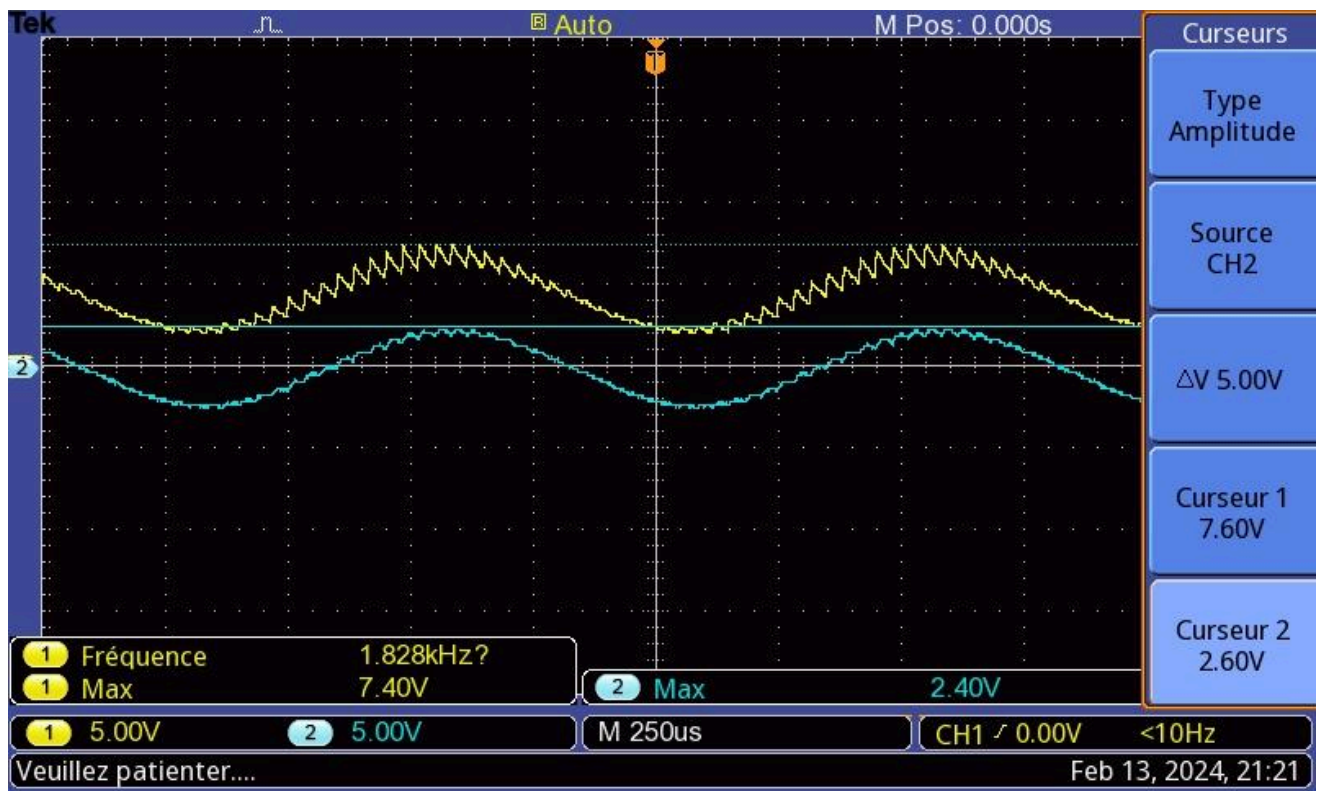
**Injecter un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et d'amplitude 5V dans l'entrée VBF puis injecter un signal sinusoïdal de fréquence 30kHz et d'amplitude 5V dans l'entrée VHF.**

**Connecter le module DEMODULATION PAR DETECTION**

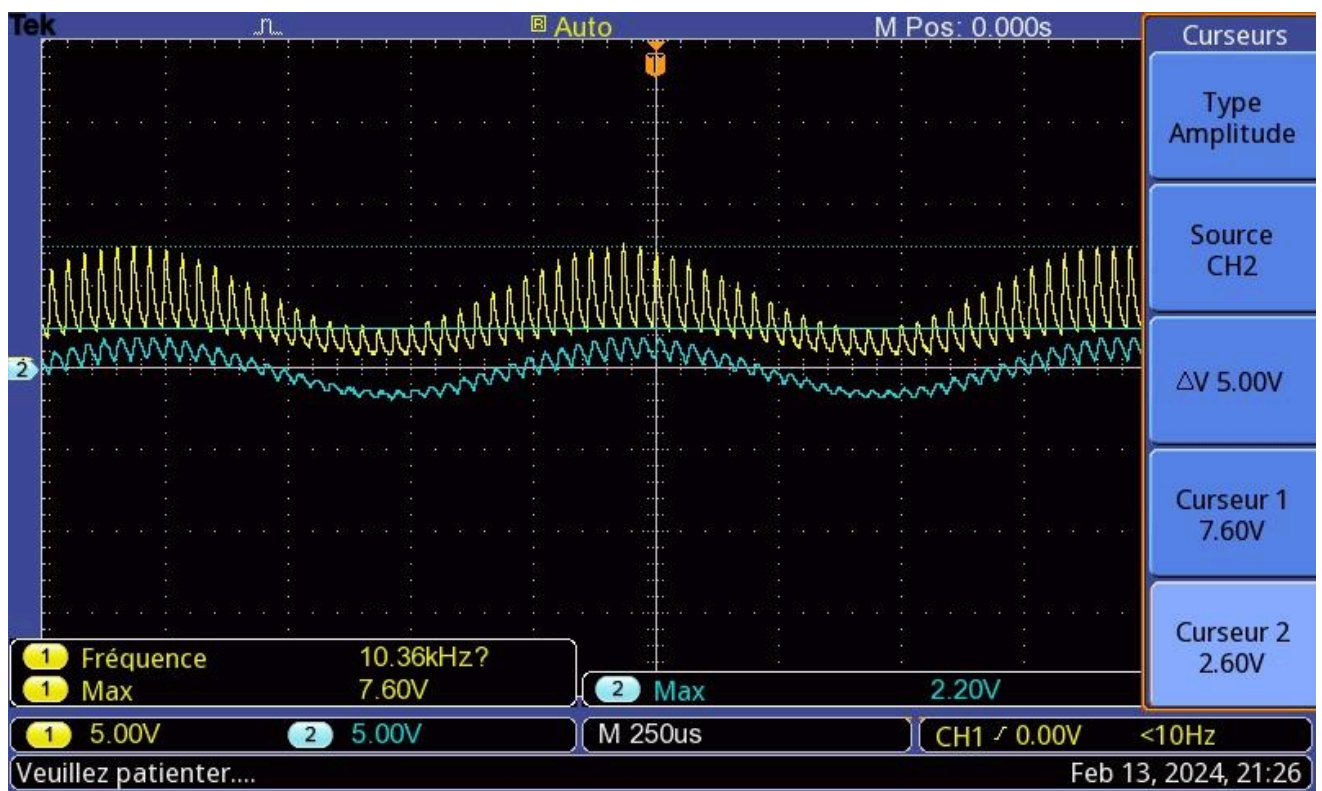
**D'ENVELOPPE sur la maquette à l'aide des jumpers JC2 et JC9.**

**Visualiser sur la voie 1 le signal à la sortie du détecteur d'enveloppe (sortie V sur la maquette) et visualiser sur la voie 2 le signal à la sortie du module de démodulation (sortie VDM2 sur la maquette) en connectant un à un les 3 condensateurs.**

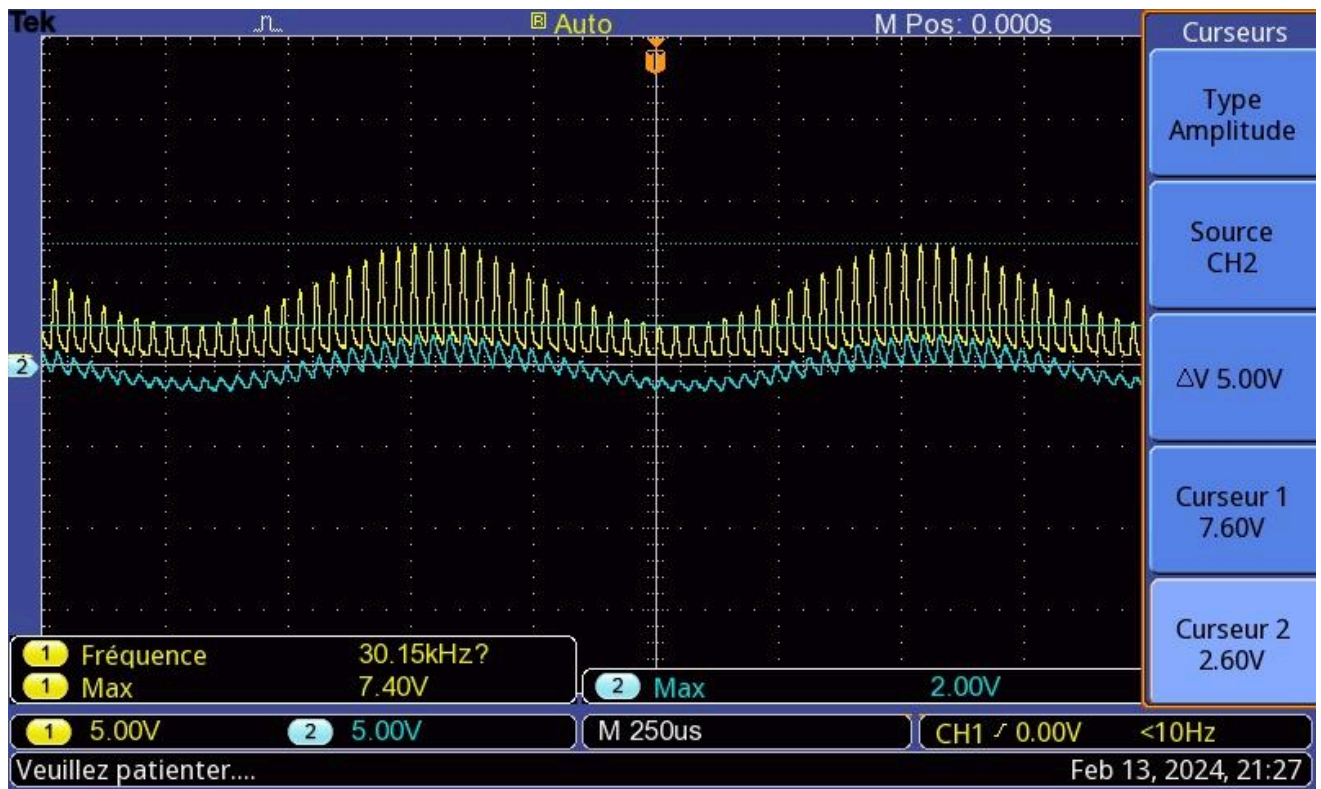
**JC6 :**



JC7 :



JC8 :



Avec quel condensateur le signal BF est le mieux restitué ? Pourquoi ?

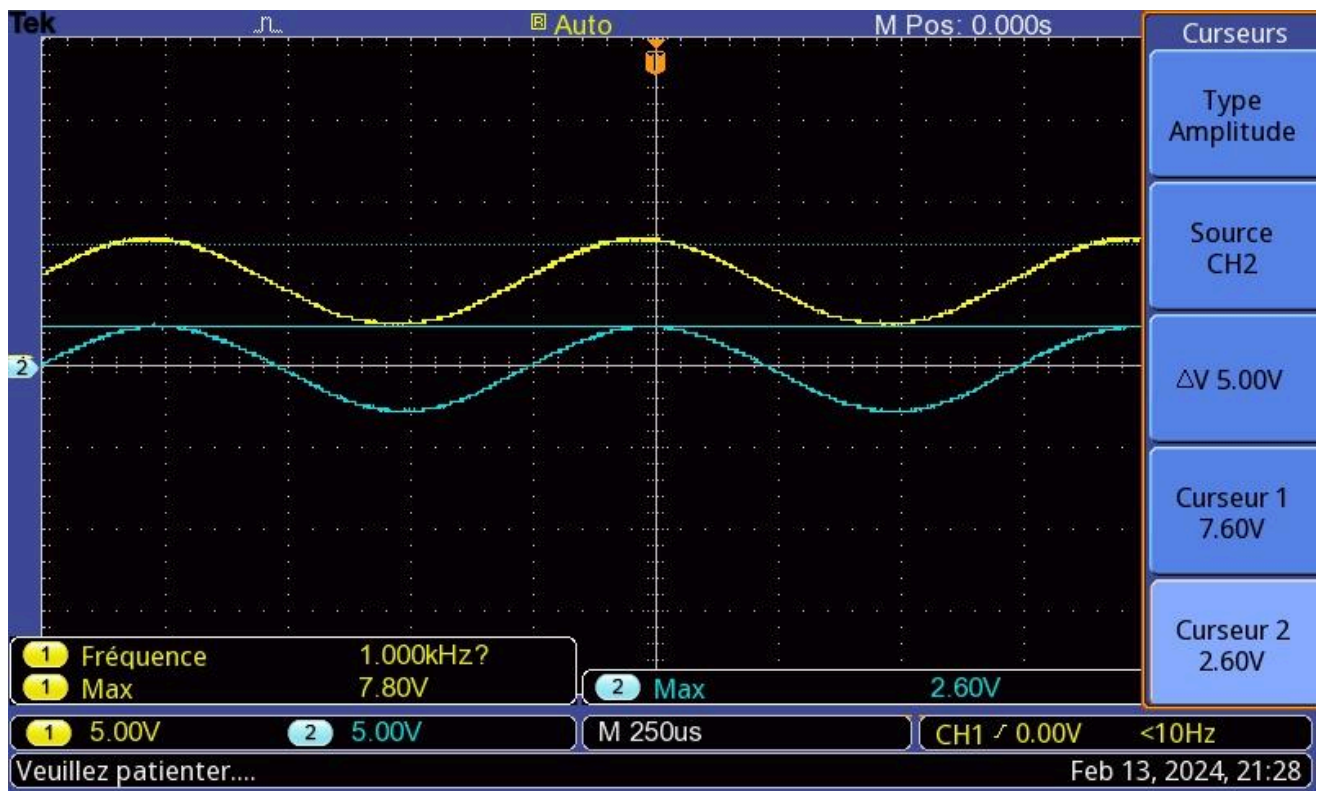
Avec le condensateur JC6 car le signal est le plus net !



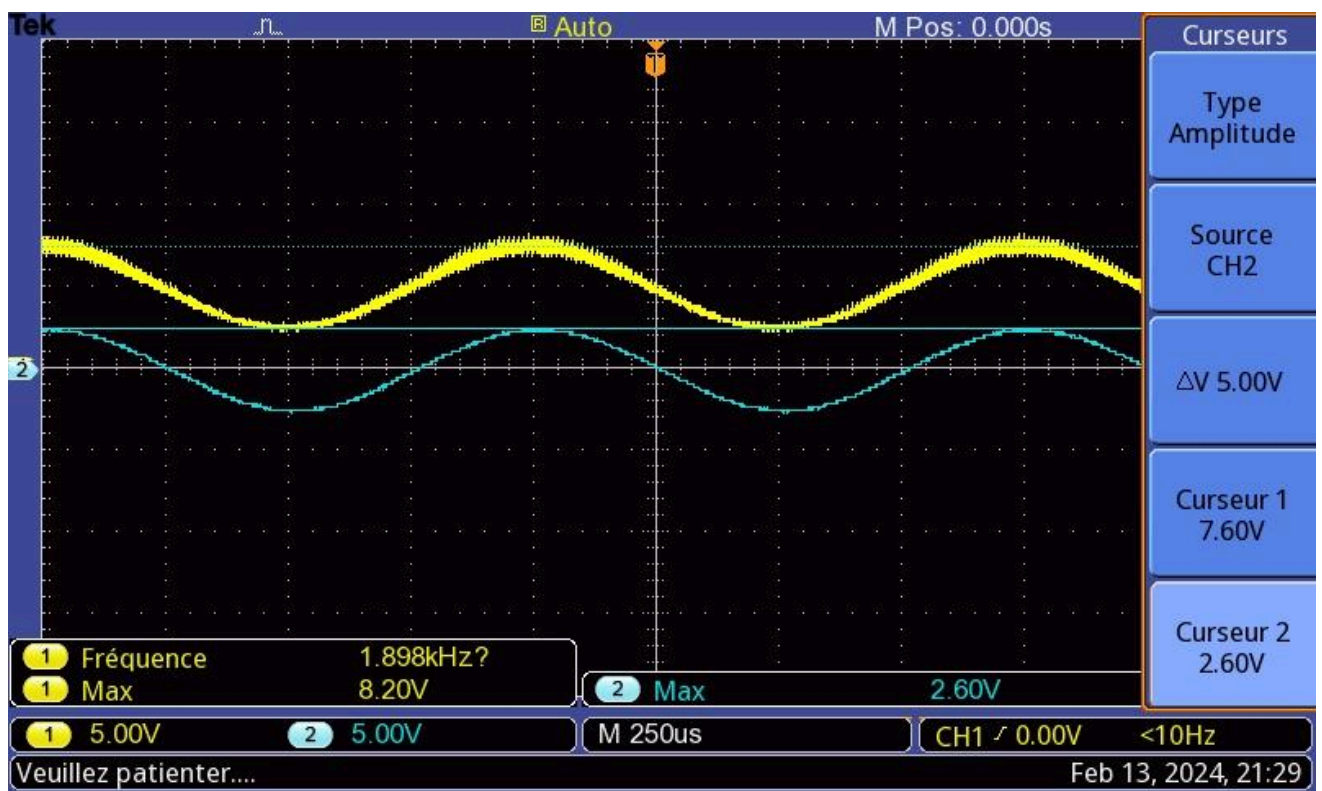
Injecter un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et d'amplitude 5V dans l'entrée VBF puis injecter un signal sinusoïdal de fréquence 300kHz et d'amplitude 5V dans l'entrée VHF.

Visualiser sur la voie 1 le signal à la sortie du détecteur d'enveloppe (sortie V sur la maquette) et visualiser sur la voie 2 le signal à la sortie du module de démodulation (sortie VDM2 sur la maquette) en connectant un à un les 3 condensateurs.

**JC6**

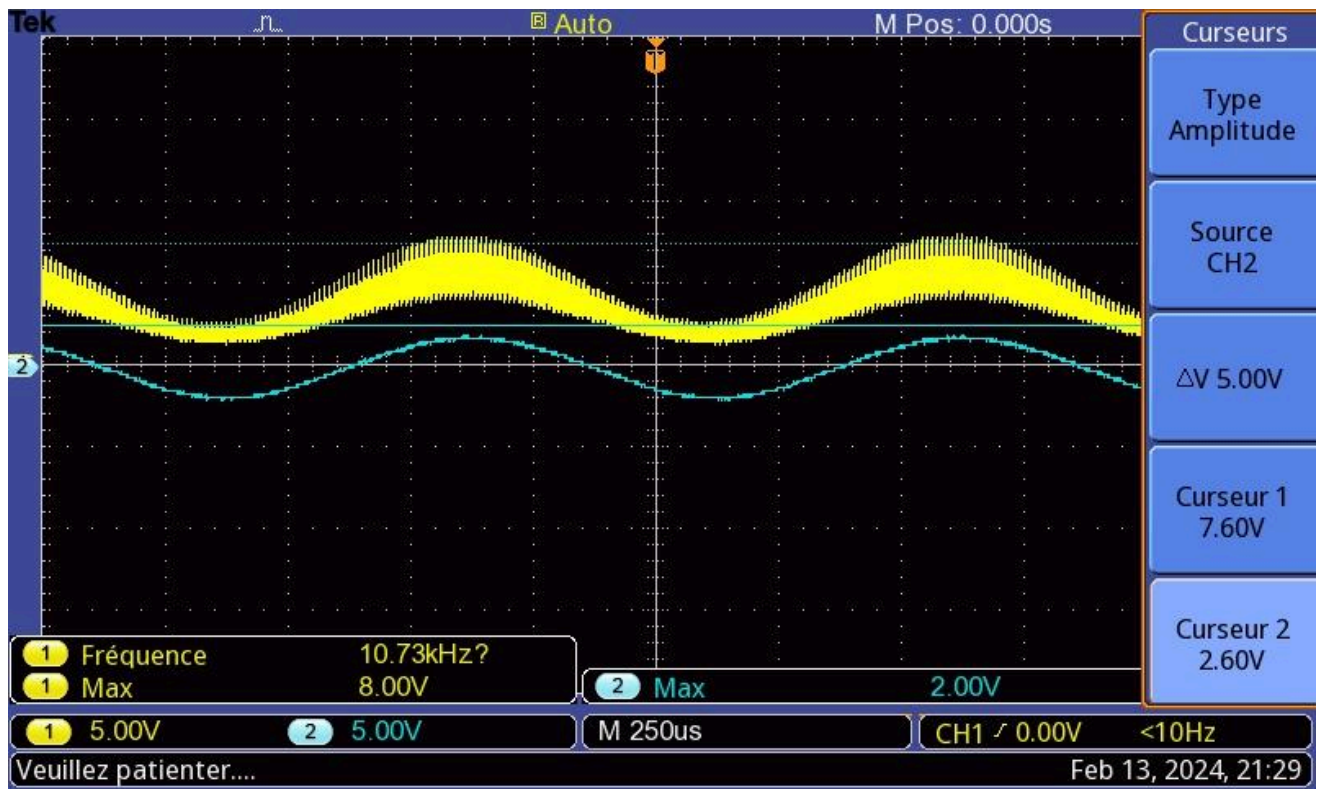


JC7



JC8





**Avec quel condensateur le signal BF est le mieux restitué ? Pourquoi ?**

JC6 car il est plus net . Il n'y a plus l'enveloppe supérieur



**Quelle est l'amplitude du signal de sortie ?**

L'amplitude de sortie est de 2.6V

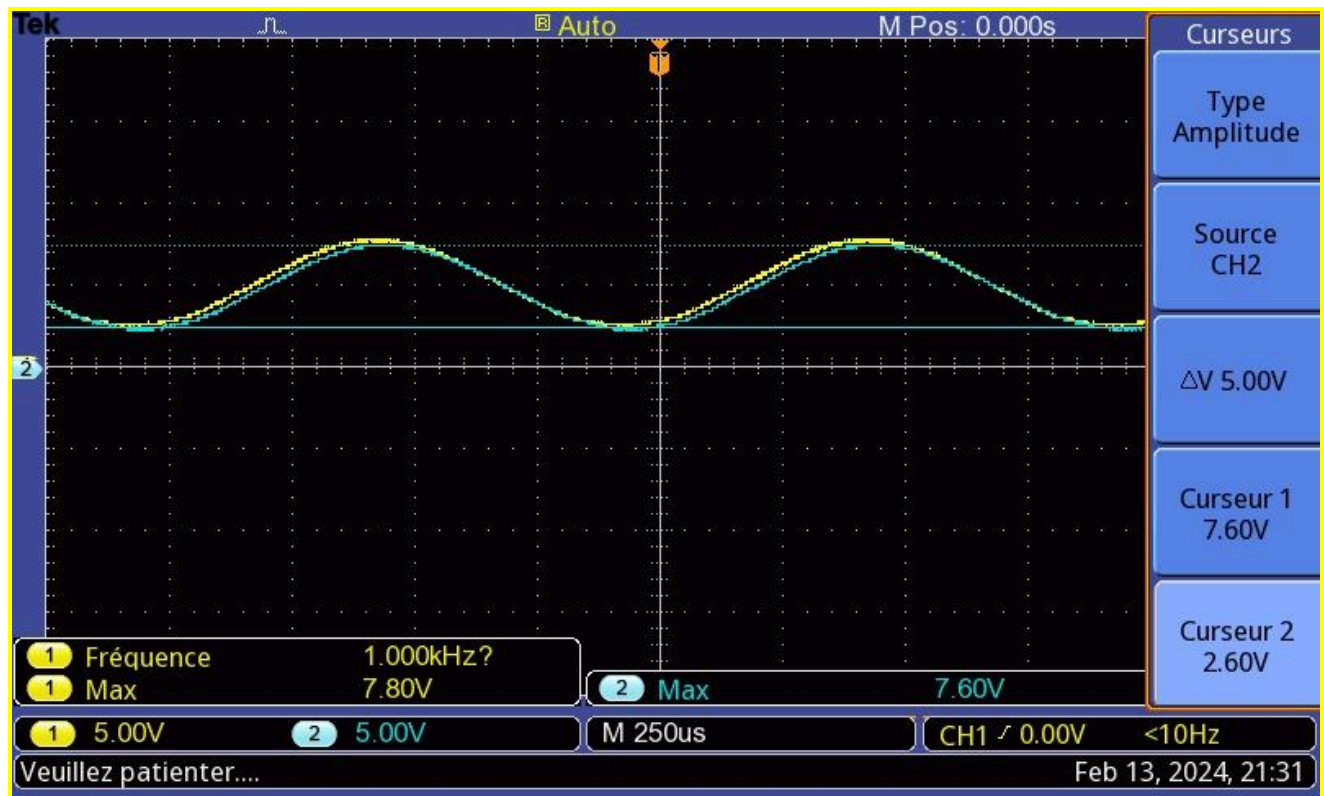


**A quoi sert la capacité de  $1\mu F$  ?**

Elle sert à lisser le signal redressé.



**Connecter le jumper JC10 pour vérifier la théorie.**



## Conclusion.

La modulation et la démodulation se fait correctement tant que nous respectons les règles de temps  $T_{bf} < R \cdot C < T_{hf}$  !